

5/PRTS

10/519730  
DT01 Rec'd PCT/FTT 28 DEC 2004R-SchalterStand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem R-Schalter zum Ein- und Ausschalten von Verbindungen zwischen Mikrowellenhohlleitern nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Aus der EP-PS 0 276 582 ist ein derartiger R-Schalter mit Stator, Rotor und drei als Stufentransformatoren ausgebildeten Durchgängen bekannt. Bei der Gestaltung des aus dem Stand der Technik bekannten R-Schalters ist völlig unberücksichtigt gelassen, dass dessen nichtaktive Durchgänge kurzgeschlossene Hohlräume bilden, die bei bestimmten Frequenzen als Hohlraumresonatoren wirken. Bei diesen Frequenzen werden die aktiven Pfade derart stark beeinflusst, dass eine Isolation zwischen nicht-durchgeschalteten Mikrowellenhohlleitern und damit eine fehlerfreie Signalübertragung praktisch nicht mehr gegeben ist. Hierbei ist die Resonanzfrequenz der nichtaktiven krummen Pfade größer als die des nichtaktiven geraden Durchgangs, sodass diese beiden Resonanzfrequenzen die Bandbreite der vom R-Schalter fehlerfrei übertragbaren und damit durchschaltbaren HF-Signale begrenzen.

Die Erfindung und ihre Vorteile:

Der erfindungsgemäße R-Schalter mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruches weist demgegenüber den Vorteil auf, alleine durch eine einfach zu realisierende stegartige Ausbildung des als Stufentransformators ausgebildeten geraden Durchgangs mehrstufig ausgebildet ist, und sind Ausnehmungen beiderseits der letzten Stufe in den Stufentransformator eingearbeitet. Die erfindungsgemäße Maßnahme zur Bandbreitenvergrößerung ist fertigungstechnisch sehr einfach und preisgünstig mit Hilfe einer Fräsmaschine zu realisieren.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind Ausnehmungen beiderseits aller Stufen in den Stufentransformator des geraden Durchgangs eingearbeitet, wodurch eine weitere Absenkung der unteren Frequenzgrenze des erfindungsgemäßen R-Schalters möglich ist.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind in den Stufentransformatoren der krummen Pfade stegartige Ausbildungen mehrstufig ausgebildet, und sind Ausnehmungen beiderseits der letzten Stufe der Stufentransformatoren eingearbeitet.

Die erfindungsgemäße Maßnahme zur Bandbreitenvergrößerung ist fertigungstechnisch sehr einfach und preisgünstig mit Hilfe einer Fräsmaschine zu realisieren.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind Ausnehmungen beiderseits aller Stufen in den Stufentransformator der krummen Pfade eingearbeitet, wodurch eine weitere zusätzliche Absenkung der unteren Frequenzgrenze des erfindungsgemäßen R-Schalters möglich ist.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der gerade Durchgang als Stufentransformator ausgebildet, um Material und Gewicht zu sparen durch Weglassen der Stufentransformatoren in den krummen Pfaden, soweit dies die Entkopplung zulässt.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung, den Zeichnungen und den Ansprüchen entnehmbar.

#### Zeichnungen:

Einige Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schnittbild entlang der Linie SS in Fig. 2 durch einen R-Schalter gemäß der Erfindung mit einer ersten stegartigen Ausgestaltung eines Stufentransformators im geraden Durchgang des Rotors,

Fig. 2 eine Vorderansicht des geraden Durchgangs des Rotors gemäß Fig. 1 in Richtung A,

Fig. 3 einen Querschnitt entlang der Linie LL in Fig. 4 durch einen R-Schalter mit einer zweiten stegartigen Ausgestaltung des Stufentransformators im geraden Durchgang und

Fig. 4 eine Vorderansicht des geraden Durchgangs des Rotors gemäß Fig. 3 in Richtung B,

Fig. 5 ein Schnittbild entlang der Linie SS in Fig. 6 durch einen R-Schalter gemäß der Erfindung mit einer ersten stegartigen

Ausgestaltung eines Stufentransformators im geraden Durchgang und / oder den krummen Pfaden des Rotors,

Fig. 6 eine Vorderansicht des geraden Durchgangs bzw. der krummen Pfade des Rotors gemäß Fig. 5 in Richtung A,

Fig. 7 einen Querschnitt entlang der Linie LL in Fig. 8 durch einen R-Schalter mit einer zweiten stegartigen Ausgestaltung des Stufentransformators im geraden Durchgang und / oder krummen Pfade,

Fig. 8 eine Vorderansicht des geraden Durchgangs bzw. der krummen Pfade des Rotors gemäß Fig. 7 in Richtung B und

Fig. 9 ein Schnittbild entlang der Linie SS in Fig. 2 durch einen R-Schalter gemäß der Erfindung mit einer ersten stegartigen Ausgestaltung eines Stufentransformators im geraden Durchgang des Rotors.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele:

Fig. 1 zeigt das querliegende Schnittbild eines R-Schalters 1, der aus einem Stator 2 mit stirnseitigen Öffnungen 3 bis 6 zum Anschluss von in der Figur nicht dargestellten Hohlleitern und aus einem im Stator 2 drehbar angeordneten Rotor 7 mit einem mittig liegenden geraden Durchgang 8 und beidseitig davon angeordneten „krummen“ Pfaden 9 und 10 besteht, deren Enden parallel zu in einem rechten Winkel zueinander stehenden Achsen 11 und 12 liegen. Diese Achsen 11 und 12 stellen auch Ausrichtungen der an den R-Schalter 1 anzuschließenden Hohlleiter dar. Je nach Stellung des Rotors 7 werden unterschiedliche an den Öffnungen 3 bis 6 des Stators 2 befestigte Hohlleiter durchgeschaltet. Bei der in Fig. 1 dargestellten

Position des Rotors 7 sind die Öffnungen 4 und 5 und die Öffnungen 3 und 6 miteinander verbunden. Ein Verdrehen des Rotors 7 um  $45^\circ$  im Uhrzeigersinn verbindet die Öffnungen 3 und 5 miteinander. Ein Verdrehen des Rotors 7 um weitere  $45^\circ$  im Uhrzeigersinn schaltet die an den Öffnungen 5 und 6 und die an den Öffnungen 3 und 4 angeschlossenen Hohlleiter durch. Wird der Rotor 7 erneut um  $45^\circ$  rechtssinnig verdreht, ist zwischen den Öffnungen 4 und 6 ein Durchgang geschaffen. Und ein weiteres Verdrehen des Rotors 7 um  $45^\circ$  im Uhrzeigersinn ergibt wieder die Anordnung gemäß Fig. 1.

Was die senkrecht zur Zeichenebene liegende Dimensionierung des R-Schalters 1 betrifft, weist der Stator 2 im Wesentlichen die Form eines Quaders und der Rotor 7 die Form eines Zylinders auf. Um im Hinblick auf die Verwendung des R-Schalters 1 in Satelliten und Weltraumfahrzeugen dessen äußere Abmessungen so weit wie möglich zu reduzieren, sind der Durchgang 8 und die Pfade 9 und 10 als Stufentransformatoren 13, 14, 15 ausgebildet, wodurch insbesondere der Platzbedarf der mittleren Teile des Durchgangs 8 und der Pfade 9 und 10 verringert wird.

Wie in Fig. 2 angedeutet ist, haben der Durchgang 8 ebenso wie die Pfade 9 und 10 einen rechteckigen Querschnitt, sodass die Seitenwände der Stufentransformatoren 13, 14, 15 die Form von Treppenstufen aufweisen. Die Vorderansicht des geraden Durchgangs 8 in Richtung A gemäß Fig. 2 zeigt folglich die vorderen Flächen der Stufen 16 bis 19 des Stufentransformators 14.

Gemäß dem in den Figuren 1 und 2 dargestellten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung weisen die oberen Stufen 17 und 18 des Stufentransformators 14 die Form schmaler Stege auf, was dadurch erreicht wird, dass beidseitig der Stufen 17 und 18 Ausnehmungen 10 bis 23 eingefräst werden, die in Fig. 1

mittels gestrichelter Linien 24 und 25 als Hinterschnidungen eingezeichnet sind.

Ein Rotorschalter weist prinzipiell den Nachteil auf, dass der Durchgang, bzw. Pfad, der keine Statoröffnungen miteinander verbindet, als Hohlraumresonator wirkt, der über den unvermeidlichen Spalt zwischen Rotor 7 und Stator 2 mit Energie versorgt wird. Bei der Rototstellung gemäß Fig. 1 wirkt demgemäss der gerade Durchgang 8 als Hohlraumresonator. Da hierdurch bewirkt wird, dass zwischen den nichtdurchgeschalteten Pfaden, wie im vorliegenden Beispiel zwischen den Pfaden 3 und 4 bzw. den Pfaden 5 und 6, dennoch Signale übertragen werden, ist die Bandbreite der von einem R-Schalter fehlerfrei durchschaltbaren Signale durch diese Resonanzfrequenzen limitiert. Die untere Grenzfrequenz wird hierbei von der Resonanzfrequenz des geraden Durchgangs 8 und die obere Grenzfrequenz von der Resonatorfrequenz der krummen Pfade 9 und 10 (hier beispielsweise bei einer Verdrehung des Rotors 7 um  $45^\circ$  im Uhrzeigersinn, wenn die Pfade 9 und 10 nicht aktiv sind) gebildet.

Umfangreiche Experimente haben nun gezeigt, dass die als untere Grenzfrequenz des R-Schalters 1 wirkende Resonanzfrequenz des geraden Durchgangs 8 auf sehr einfache Weise dadurch erheblich verringert werden kann, um damit die Bandbreite der vom R-Schalter 1 fehlerfrei übertragbaren Signale zu vergrößern, dass der Stufentransformator 14, wie in den Fig. 1 und 2 dargestellt ist, zumindest teilweise dadurch stegförmig ausgebildet wird, dass seitlich der Stufen 17 und 18 Ausnehmungen 20 bis 23 weggefräst werden.

Beispielsweise konnte auf diese Weise bei einem bestimmten R-Schalter mit der Bezeichnung WR51-Schalter, der ohne die stagartige Ausbildung des Stufentransformators eine Bandbreite von 19 bis 22 GHz hat, die Bandbreite auf 17,7 bis 22 GHz erweitert werden. Von

Vorteil ist dies insbesondere deshalb, weil sich das Satellitenband von 17,7 bis 22 GHz erstreckt, sodass der WR51-Schalter nach einer Modifikation gemäß der vorliegenden Erfindung problemlos zum Schalten von im Satellitenband liegenden Signalen verwendet werden kann.

Eine Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Maßnahme zur Vergrößerung der Bandbreite eines R-Schalters ist in Fig. 3 im Schnitt entlang der in Fig. 4 eingezeichneten Linie LL und in Fig. 4 als Draufsicht in Richtung B des in Fig. 3 gezeigten Schnittbildes dargestellt. Insbesondere Fig. 4 zeigt, dass im Unterschied zu Fig. 2 Ausnehmungen 26 bis 29 nicht nur seitlich der Stufen 17 und 18, sondern auch seitlich der Stufen 16 und 19 aus dem Stufentransformator 32 ausgefräst sind. Im Schnittbild gemäß Fig. 3 ist dies mittels der gestrichelten Linien 30 und 31 angedeutet. Der Vorteil hiervon ist eine weitere Absenkung der Resonanzfrequenz des geraden, beispielsweise gemäß Fig. 3 inaktiven und als Hohlraumresonator wirkenden Durchgangs 33 und damit eine weitere Absenkung der unteren Grenzfrequenz des R-Schalters 34. Im Übrigen sind Aufbau und Wirkungsweise des in den Figuren 3 und 4 dargestellten R-Schalters identisch mit Aufbau und Wirkungsweise des in den Figuren 1 und 2 dargestellten R-Schalters, sodass darauf nicht erneut eingegangen wird.

Weitere Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Maßnahme zur Vergrößerung der Bandbreite eines R-Schalters sind in den Fig. 5 bis 8 dargestellt. Der Vorteil dieser Ausgestaltung ist die Absenkung der unteren Resonanzfrequenz der krummen Pfade, wenn diese durch eine Drehung des Rotors inaktiv geschaltet sind und somit als Hohlraumresonatoren wirken. Aufbau und Wirkungsweise des R-Schalters sind im Übrigen identisch mit denen des R-Schalters nach Fig. 1 bis 4.

Fig. 5 entspricht Fig. 1 und hat zusätzlich noch Ausnehmungen 51, 52, 53, 54 wie in Fig. 6 dargestellt in den Stufen 48, 49 in den Stufentransformatoren 13, 15 in den krummen Pfaden 9, 10, die in Fig. 5 mittels gestrichelter Linien 39, 40, 41 und 42 als Hinterschneidungen dargestellt sind.

Fig. 7 entspricht Fig. 3 und hat zusätzlich noch Ausnehmungen 55, 56, 57, 58 wie in Fig. 8 dargestellt in den Stufen 47, 48, 49, 50 in den Stufentransformatoren 35, 36 in den krummen Pfaden 37, 38, die in Fig. 7 mittels gestrichelter Linien 43, 44, 45 und 46 als Hinterschneidungen dargestellt sind.

Fig. 9 entspricht Fig. 1, aber die krummen Pfade 9, 10 beinhalten keine Stufentransformatoren.

Alle in der Beschreibung, den nachfolgenden Ansprüchen und in den Zeichnungen dargestellten Merkmale sind sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich.



Bezugszahlenliste:

A, B	Richtung
1	R-Schalter
2	Stator
3 bis 6	Öffnung
7	Rotor
8	gerader Durchgang
9, 10	krummer Pfad
11, 12	Achse
13, 14, 15	Stufentransformator
16 bis 19	Stufe
20 bis 23	Ausnehmung
24, 25	gestrichelte Linie
26 bis 29	Ausnehmung
30, 31	gestrichelte Linie
32	Stufentransformator
33	Gerader Durchgang
34	R-Schalter
35, 36	Stufentransformator
37, 38	krummer Pfad
39, 40, 41, 42	gestrichelte Linie
43, 44, 45, 46	gestrichelte Linie
47, 48, 49, 50	Stufe
51 bis 54	Ausnehmung
55 bis 58	Ausnehmung
C, D	Richtung

Ansprüche:

1. R-Schalter zum Ein- und Ausschalten von Verbindungen zwischen Mikrowellenhohlleitern,

- mit einem im Wesentlichen quaderförmigen Stator (2), dessen vier Seitenflächen je eine zentral liegende Öffnung (3 bis 6) zum Anschluss jeweils eines Mikrowellenhohlleiters aufweisen,
- mit einem im Innern des Stators (2) mit seiner Drehachse coaxial zur Längsachse des Stators (2) angeordneten und drehbar gelagerten Rotor (7), der einen mittig angeordneten geraden Durchgang (8, 33) und zwei beidseitig davon liegende krumme Pfade (9, 10, 37, 38) aufweist,
- wobei die Öffnungen (3 bis 6), der gerade Durchgang (8, 33) und die krummen Pfade (9, 10, 37, 38) derart angeordnet sind, dass je nach Rotationsstellung des Rotors (2) jede Öffnung (3 bis 6) über den geraden Durchgang (8, 33) oder über einen der krummen Pfade (9, 10, 37, 38) auf jede der anderen drei Öffnungen (3 bis 6) durchschaltbar ist,
- und wobei der gerade Durchgang (8, 33) als Stufentransformator (14, 32) ausgebildet ist,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der Stufentransformator (14, 32) des geraden Durchgangs (8, 33) durch seitlich in dessen Stufen (16 bis 19) eingearbeitete Ausnehmungen (20 bis 23, 26 bis 29) stegartig ausgebildet ist.

2. R-Schalter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stufentransformator (14) des geraden Durchgangs (8) mehrstufig (16 bis 19) ausgebildet ist, und dass Ausnehmungen

- (20 bis 23) beiderseits der letzten Stufe (17, 18) in den Stufentransformator (14) eingearbeitet sind.
3. R-Schalter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stufentransformator (32) des geraden Durchgangs (33) mehrstufig ausgebildet ist, und dass Ausnehmungen (26 bis 29) beiderseits aller Stufen (16 bis 19) in den Stufentransformator (32) eingearbeitet sind.
  4. R-Schalter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stufentransformator (14) des geraden Durchgangs (8) mehrstufig (16 bis 19) ausgebildet ist, und dass Ausnehmungen (20 bis 23) auf einer Seite der letzten Stufe (17, 18) in den Stufentransformator (14) eingearbeitet sind.
  5. R-Schalter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stufentransformator (32) des geraden Durchgangs (33) mehrstufig ausgebildet ist, und dass Ausnehmungen (26 bis 29) auf einer Seite aller Stufen (16 bis 19) in den Stufentransformator (32) eingearbeitet sind.
  6. R-Schalter zum Ein- und Ausschalten von Verbindungen zwischen Mikrowellenhohlleitern,
    - mit einem im Wesentlichen quaderförmigen Stator (2), dessen vier Seitenflächen je eine zentral liegende Öffnung (3 bis 6) zum Anschluss jeweils eines Mikrowellenhohlleiters aufweisen,
    - mit einem im Innern des Stators (2) mit seiner Drehachse koaxial zur Längsachse des Stators (2) angeordneten und drehbar gelagerten Rotor (7), der einen mittig angeordneten geraden Durchgang (8, 33) und zwei beidseitig davon liegende krumme Pfade (9, 10, 37, 38) aufweist,

- wobei die Öffnungen (3 bis 6), der gerade Durchgang (8, 33) und die krummen Pfade (9, 10, 37, 38) derart angeordnet sind, dass je nach Rotationsstellung des Rotors (2) jede Öffnung (3 bis 6) über den geraden Durchgang (8, 33) oder über einen der krummen Pfade (9, 10, 37, 38) auf jede der anderen drei Öffnungen (3 bis 6) durchschaltbar ist,
  - und wobei der gerade Durchgang (8, 33) und die krummen Pfade (9, 10, 37, 38) als Stufentransformatoren (13, 14, 15, 32) ausgebildet sind,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der Stufentransformator (14, 32) des geraden Durchgangs (8, 33) durch seitlich in dessen Stufen (16 bis 19) eingearbeitete Ausnehmungen (20 bis 23, 26 bis 29) stegartig ausgebildet ist.
7. R-Schalter nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stufentransformator (14) des geraden Durchgangs (8) mehrstufig (16 bis 19) ausgebildet ist, und dass Ausnehmungen (20 bis 23) beiderseits der letzten Stufe (17, 18) in den Stufentransformator (14) eingearbeitet sind.
8. R-Schalter nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stufentransformator (32) des geraden Durchgangs (33) mehrstufig ausgebildet ist, und dass Ausnehmungen (26 bis 29) beiderseits aller Stufen (16 bis 19) in den Stufentransformator (32) eingearbeitet sind.
9. R-Schalter nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stufentransformatoren (13, 15) der krummen Pfade (9, 10, 37, 38) mehrstufig ausgebildet sind (47 bis 50) und dass Ausnehmungen beiderseits der letzten Stufe (51 bis 54) in die Stufentransformatoren eingearbeitet sind.

10. R-Schalter nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stufentransformatoren (13,15) der krummen Pfade (9, 10, 37, 38) mehrstufig ausgebildet sind (47 bis 50) und dass Ausnehmungen beiderseits aller Stufe (55 bis 58) in die Stufentransformatoren eingearbeitet sind.
11. R-Schalter nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stufentransformator (14) des geraden Durchgangs (8) mehrstufig (16 bis 19) ausgebildet ist, und dass Ausnehmungen (20 bis 23) auf einer Seite der letzten Stufe (17, 18) in den Stufentransformator (14) eingearbeitet sind.
12. R-Schalter nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stufentransformator (32) des geraden Durchgangs (33) mehrstufig ausgebildet ist, und dass Ausnehmungen (26 bis 29) auf einer Seite aller Stufen (16 bis 19) in den Stufentransformator (32) eingearbeitet sind.
13. R-Schalter nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stufentransformatoren (13,15) der krummen Pfade (9, 10, 37, 38) mehrstufig ausgebildet sind (47 bis 50) und dass Ausnehmungen auf einer Seite der letzten Stufe (51 bis 54) in die Stufentransformatoren eingearbeitet sind.
14. R-Schalter nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stufentransformatoren (13,15) der krummen Pfade (9, 10, 37, 38) mehrstufig ausgebildet sind (47 bis 50) und dass Ausnehmungen auf einer Seite aller Stufe (55 bis 58) in die Stufentransformatoren eingearbeitet sind.

### Zusammenfassung

Es wird ein R-Schalter mit einem Stator (2) und einem Rotor (7) mit drei Pfaden (8, 9, 10) vorgeschlagen, wovon der mittlere gerade Durchgang (8) als Stufentransformatoren (14) ausgebildet ist, der durch seitlich in dessen Stufen (17, 18) eingearbeitete Ausnehmungen (20, 21, 22, 23) stegartig ausgebildet ist, um dadurch die untere Frequenzgrenze der übertragbaren HF-Signale abzusenken.

Fig. 1